

# SÉMINAIRE DE THÉORIE SPECTRALE ET GÉOMÉTRIE

JEAN-MARC RICHARD

## **Ordre des niveaux des systèmes quark-antiquark et des systèmes de 3 quarks**

*Séminaire de Théorie spectrale et géométrie*, tome 7 (1988-1989), p. 31-32

[http://www.numdam.org/item?id=TSG\\_1988-1989\\_\\_7\\_\\_31\\_0](http://www.numdam.org/item?id=TSG_1988-1989__7__31_0)

© Séminaire de Théorie spectrale et géométrie (Chambéry-Grenoble), 1988-1989, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Séminaire de Théorie spectrale et géométrie » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/legal.php>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

# ORDRE DES NIVEAUX DES SYSTÈMES QUARK-ANTIQUARK ET DES SYSTÈMES DE 3 QUARKS

par *Jean-Marc RICHARD*

## Introduction

Il y a de nombreux systèmes liés en Physique, dont la liaison est décrite par l'équation de Schrödinger : molécules formées d'atomes, atomes formés de noyaux et d'électrons, noyaux constitués de nucléons. Plus récemment, on s'est convaincu que les particules d'interaction forte, les hadrons, étaient aussi des systèmes composés. La découverte du Charmonium en 1974, puis du Upsilon, en 1977, avec leur nombreux niveaux excités étroits, a relancé l'intérêt pour le modèle des quarks et les études sur le spectre de l'opérateur de Schrödinger avec des potentiels confinants.

## Problème à 2 corps

Le premier résultat, obtenu d'abord dans un cas particulier, puis de manière générale, mais en perturbation, et enfin de manière rigoureuse, concerne la brisure de la dégénérescence coulombienne :  $E(n, \ell) = E(n-1, \ell+1)$  où  $n$  est le nombre de nœuds dans la fonction d'onde radiale et  $\ell$  le moment angulaire. Une condition suffisante pour que  $E(n, \ell) >$  ou  $<$   $E(n-1, \ell+1)$  est que le Laplacien ait un signe constant. De même, la brisure de la dégénérescence de l'oscillateur harmonique :  $E(n, \ell) = E(n-1, \ell+2)$  est gouvernée par le signe de la dérivée seconde du potentiel. D'autres résultats, partiels et, le plus souvent, perturbatifs, concernent la dépendance en  $\ell$  de la trajectoire de Regge mère, soit  $E(0, \ell)$ , soit, des trajectoires filles, i.e.,  $E(n, \ell)$  à  $n$  fixe. Dans ces cas-là, on connaît le sens de variation, et on s'intéresse à l'évolution des espacements comme fonction de  $\ell$ . De même, il y a des résultats récents sur l'espacement des niveaux à  $\ell$  fixe, par exemple  $(E(n+1, 0) - E(n, 0))$  comme fonction de  $n$ . Il y a eu aussi un regain d'activité sur le problème inverse, concentré sur le cas des potentiels confinants. Enfin, d'autres théorèmes concernent les fonctions d'onde, par exemple, la valeur du carré des

fonctions d'onde normalisées avec  $\ell = 0$  comme fonction du nombre de nœuds  $n$ .

### Problème à 3 corps

Quelques résultats partiels ont été obtenus sur les baryons. Il s'agit du problème à trois corps avec trois masses identiques et un potentiel qui est une fonction symétrique des trois positions, invariant par translation (on peut donc isoler le mouvement du centre de masse) et invariant par rotation. Un premier résultat, malheureusement approché, concerne l'ordre des deux premières excitations, celle de parité positive et celle de parité négative, l'équivalent des niveaux  $2S$  et  $2P$  de l'hydrogène.

Un travail en cours de publication concerne la brisure de la dégénérescence de l'oscillateur harmonique (qui est exactement soluble). Quand l'oscillateur est perturbé, les multiplets éclatent, selon des lois précises, en plusieurs niveaux avec des fonctions d'onde de propriétés de symétrie de permutation différentes.

### Indépendance de saveur

Comme en Electrodynamique, où le même potentiel coulombien lie entre eux ou aux atomes les électrons, les muons, les antiprotons, etc., qui ont des masses très différentes, en Chromodynamique quantique (QCD), on s'attend à ce que le potentiel entre quarks soit universel, c'est-à-dire indépendant de la masse des quarks. On appelle cette propriété "indépendance de saveur", saveur étant le terme générique pour "étrangeté", "charme", "beauté" ou "vérité", qui caractérisent les différents quarks.

Il y a une série de résultats sur les propriétés de l'énergie de liaison à 2 ou 3 corps, comme fonction de la masse des constituants, à potentiel d'interaction fixe. On a aussi obtenu des relations amusantes entre les énergies à 2 corps et celles à 3 corps, si on suppose (ce qui est presque vrai en QCD) que le potentiel entre une paire de quarks dans un baryon est la moitié du potentiel quark-antiquark dans un méson.

### References

- [1] GROSSE H., MARTIN A. — *Physics Reports*, 60,343, 1980.
- [2] QUIGG C., ROSNER J.L. — *Ibid*, 56,167, 1979.
- [3] MARTIN A. — *Int.Universitatwochen fur Kernphysik,Schladming*, (1986), ed. H. Latal and H.Mitter, Springer,1987.
- [4] BAUMGARTNER B.et al. — *Nuclear Physics B254*, 528,1985.
- [5] RICHARD J.M. — *Physics Reports*, (en préparation).

Jean-Marc RICHARD  
 Institut des Sciences Nucléaires  
 53, avenue des Martyrs  
 38026 GRENOBLE (France) .